

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 07 498 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 02 B 6/02  
F 21 V 8/00  
// G02B 1/04

21 Aktenzeichen: P 44 07 498.0  
22 Anmeldetag: 7. 3. 94  
43 Offenlegungstag: 14. 9. 95

DE 44 07 498 A 1

71 Anmelder:  
Hoechst AG, 65929 Frankfurt, DE

72 Erfinder:  
Walter, Marlon, 35781 Weilbur, DE; Hochheimer,  
Jörg, 61462 Königstein, DE; Endres, Manfred, 60437  
Frankfurt, DE; Brockmeyer, Andreas, Dr., 65837  
Liederbach, DE; Heuchel, Michael, 65812 Bad  
Soden, DE; Weizenegger, Hermann, 86830  
Schwabmünchen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 64 Aktivierung eines optischen Wellenleiters  
67 Lichtwellenleiter, der das Licht lateral auskoppelt und einen optischen Kern und Mantel enthält, wobei Kern und Mantel direkten Kontakt miteinander haben und aneinander haften und die Oberfläche des Mantels strukturiert ist.

DE 44 07 498 A 1

Die klassische Beleuchtung wird zunehmend ergänzt oder ersetzt durch die faseroptische Beleuchtung. Diese wird eingesetzt in der dekorativen, architektonischen oder der Allgemeinbeleuchtung. Die faseroptische Beleuchtung ermöglicht eine bessere Lichtführung, die freie Wahl der Farbe, Form und Größe und ist besonders beständig gegenüber rauen Umwelteinflüssen. In Verbindung z. B. mit Metall-Halogenentladungslampen werden Energie und Wartungskosten deutlich reduziert z. B. indem die Lampe nicht mehr in der Decke, sondern in der Wand eingebaut wird und das Licht über Lichtwellenleiter zur Decke geleitet wird.

Bekannt sind sogenannte "end light"- und "side-light"-Lichtwellenleiter (EP-A-381 461, EP-A-273 311), bei denen das Licht entweder nur am Faserende oder seitlich, d. h. lateral, austritt.

Derartige lateral abstrahlende Lichtleiter können im gesamten Beleuchtungssektor, z. B. in der Notbeleuchtung (eingewebt in einem Teppich), in der Beleuchtung von Treppenstufen (innerhalb eines Kinos) oder aber auch zur Beleuchtung einer Discothek, eingesetzt werden.

In der EP-A-381 461 werden lateral abstrahlende Lichtleiter beschrieben, enthaltend einen Kern aus einem thermoplastischen oder duroplastischen Polymer, der in einen optischen Mantel aus einem Fluorpolymer eingehüllt ist, und eine Schutzhülle aus einem Polymer, das über das Kern-Mantel-Material extrudiert wurde. Diese Lichtleiter werden hergestellt, indem in einen Schlauch aus dem Mantelmaterial das Kernmaterial in monomerer Form eingefüllt wird und anschließend polymerisiert wird. Dieses Kern-Mantel-Material kann gegebenenfalls in bestimmten Abständen eingekerbt werden, wodurch an diesen Stellen die seitliche Abstrahlung verstärkt wird. Eine deutliche Verbesserung wird allerdings erst erzielt, wenn der eingekerbte Lichtleiter mit einer Polycarbonat-Schutzhülle versehen wird.

Von Nachteil bei diesen Lichtleitern ist, daß sich zwischen dem Kern und dem Mantel ein meist mit Luft gefüllter Zwischenraum befindet, wodurch das Licht überwiegend in den Kern zurückreflektiert und absorbiert wird. Durch einen Mantel aus einem Schrumpfschlauch läßt sich dieser Kern-Cladding-Zwischenraum nur minimieren, aber nicht beheben, wodurch diese Lichtleiter eine vergleichsweise hohe Dämpfung aufweisen.

Die Herstellung der Lichtleiter gemäß EP-A-381 461 erfolgt diskontinuierlich, d. h. das Verfahren ist kostenintensiv und wenig variabel, da beispielsweise durch das eingesetzte cladding-Material der Gesamtdurchmesser des Lichtleiters (3–19 mm), die cladding-Dicke (0,01–1,3 mm) und die Länge (max. 21 m) des Lichtleiters vorgegeben ist.

Aus der EP-A-273 311 ist ein lateral abstrahlender Lichtleiter bekannt, der aus einem Bündel optischer Fasern besteht, deren Kern mit einem transparenten Mantelmaterial überzogen ist und wobei der Kern laterale Streuzentren enthält. Die Oberfläche des Kernmaterials kann gegebenenfalls angeraut werden, z. B. durch Ätzen (Glaskern) oder Abrieb (Polymerkern). Eine Rauigkeit an der Kern-Mantel-Grenzfläche führt jedoch im allgemeinen zu ausgesprochen hohen optischen Verlusten, da das Licht nicht mehr im Wellenleiter geführt wird.

Aufgabe ist es, Lichtwellenleiter mit einer definierten

lateralen Lichtauskopplung geringer optischer Dämpfung bereitzustellen, so daß diese für kurze und lange Beleuchtungsstrecken eingesetzt werden können.

Gegenstand der Erfindung sind Lichtwellenleiter, die das Licht lateral auskoppeln, enthaltend einen optischen Kern und einen optischen Mantel, dadurch gekennzeichnet, daß Kern und Mantel direkten Kontakt miteinander haben und aneinander haften und die Oberfläche des optischen Mantels strukturiert ist.

Der optische Kern der erfindungsgemäßen Lichtwellenleiter kann aus einer Polymer- oder Glasfaser bestehen. Bevorzugt sind Polymerfasern. Geeignete Polymere sind beispielsweise Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC), Polystyrol (PS) oder Fluorpolymere. Bevorzugt eingesetzt wird PMMA.

Der optische Mantel (cladding) besteht aus einem Material mit einem niedrigeren Brechungsindex als das Kernmaterial z. B. aus einem Fluorpolymer. Die cladding-Dicke ist sehr gering und beträgt im allgemeinen 0,01 bis 40 µm, vorzugsweise 0,1 bis 15 µm.

Die Oberfläche des optischen Mantels kann gleichmäßig rundherum oder aber selektiv nur an einer oder mehreren Seiten angeraut, punktiert, geformt, gebürstet, geprägt oder auch eingekerbt sein. Ferner kann die Tiefe und der Abstand der Oberflächenstrukturelemente variieren.

Bevorzugt ist die gleichmäßige Strukturierung der Manteloberfläche rundherum.

Die erfindungsgemäßen Lichtwellenleiter zeichnen sich durch eine niedrige optische Dämpfung  $\leq 200$  dB/km aus und können gegebenenfalls nach allen Seiten gleichmäßig abstrahlen.

Ebenfalls Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Lichtwellenleitern, die das Licht lateral auskoppeln, enthaltend einen optischen Kern und einen optischen Mantel, wobei Kern und Mantel direkten Kontakt miteinander haben und aneinander haften, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des optischen Mantels mikromechanisch oder chemisch behandelt wird.

Die Oberfläche des optischen Mantels kann sowohl rundherum oder aber nur von einer oder mehreren Seiten verändert werden und/oder eine Variation im Abstand oder in der Bearbeitungstiefe entlang der Faser aufweisen. Durch eine mikromechanische oder chemische Behandlung der optischen Faser kommt es zu einer selektiven Lichtfreigabe (sogenannte "Aktivierung").

Eine Methode, die Oberfläche der optischen Faser zu behandeln, ist, diese mit Sand zu bestrahlen. Dabei wird die Faser oder das Faserbündel direkt dem Sandstrahl ausgesetzt, oder abwechselnd Seite für Seite bestrahlt. Alternativ kann die Faser auch unter dem Sandstrahl gedreht oder unter dem Strahl hindurchgezogen werden. Weiterhin kann eine dreidimensionale Bestrahlung auch erreicht werden, in dem z. B. drei Düsen um die Faser rundherum angeordnet werden. Sollte die Faser nur punktuell bestrahlt werden, so ist diese geeignet abzudecken.

Des weiteren kann die Faser auch durch zwei aufeinanderliegende Platten gezogen werden, zwischen denen sich z. B. angefeuchtetes oder auch trockenes Aluminiumoxidpulver oder Granatpulver oder alternative Poliermaterialien befinden. Ein Aufrauen der Faser kann auch erfolgen, indem die Polymerfaser zwischen zwei aufgerauten Rollen hindurchgezogen wird. Diese Rollen werden dabei entsprechend dem gewünschten Rauigkeitsgrad an die Manteloberfläche herangedrückt.

Durch Auswahl geeigneter Körnungen kann der late-

rale Lichtaustritt einfach und definiert eingestellt werden. Für eine gute Oberflächenbearbeitung sollte die Korngröße zwischen 0,1–500 µm, vorzugsweise zwischen 5–200 µm, liegen.

Durch kurzfristige Druckschwankungen sowohl beim Sandstrahlen als auch durch Zusammenpressen der Platten können besondere Beleuchtungseffekte erreicht werden. Durch zeitlich versetzte Druckschwankungen kann z. B. eine Lichtkette realisiert werden. Hierbei tritt das Licht besonders an einzelnen Stellen aus.

Alternativ kann auch die Oberflächenbehandlung durch Verwendung eines Ultraschallbades erfolgen. Hierbei wird Sand oder ein anderes Poliermaterial in Wasser aufgeführt und durch Ultraschall in Bewegung gebracht. Durch die Bewegung des Sandes erfolgt eine Oberflächenbearbeitung.

Ein weiteres Verfahren zur Behandlung der Manteloberfläche des Lichtwellenleiters ist das Durchführen des Lichtwellenleiters durch ein Wirbelbett, wobei ein Wirbelfeld, im allgemeinen durchströmende Luft, Schleifkörner beispielsweise aus Sand in Bewegung hält und die schwebenden Schleifkörner eine Oberflächenbearbeitung des Lichtwellenleiters bewirken.

Eine Strukturierung der Manteloberfläche ist auch möglich durch eine Kalt- oder auch eine Heißprägung. Hierzu wird ein geeigneter Stempel auf die Manteloberfläche der Faser punktuell oder auch entlang der Manteloberfläche der Faser gedrückt, so daß die Manteloberfläche der Faser das Prägemuster übernimmt. Durch das Prägemuster wird das geführte Licht gezielt ausgekoppelt.

Ein interessanter Beleuchtungseffekt wird erzielt, wenn der optische Mantel über seine Gesamtlänge eingekerbt wird. Dies kann geschehen durch Verwendung eines Messers, vorzugsweise eines Operationsmessers (Skalpells), einer Rasierklinge, eines Messerrades oder ähnlichem. Alternativ kann auch eine Feile oder auch eine Feilenbürste eingesetzt werden. Hierbei wird z. B. mit der Bürste leicht über die Faser gestrichen, so daß die Oberfläche aktiviert wird. Eine Aktivierung kann auch durch Verwendung eines heißen Messers erfolgen.

Schon ein scharfes Knicken einer Polymerfaser unterhalb des erlaubten Krümmungsradius von z. B. ca. 25 mm bei einer Polymerfaser mit einem Durchmesser von 1 mm führt zu einer örtlichen irreversiblen Lichtauskopplung. Durch starkes Knicken an verschiedenen Stellen, verteilt über die Faserlänge, kann eine Beleuchtungsfaser hergestellt werden.

Unter den mikromechanischen Verfahren ist die Bestrahlung mit Sandstrahl oder der Einsatz eines Wirbelbettes besonders bevorzugt.

Neben der mikromechanischen Bearbeitung kann auch eine Aktivierung der Faser durch Einwirkung eines Lösungsmittels oder einer Säure, Lauge oder andere Chemikalien erfolgen. Durch Einwirkung von Lösungsmitteln wird der optische Mantel vom Lösungsmittel angegriffen oder aufgelöst. Bei Auswahl eines geeigneten Lösungsmittels kann der optische Mantel (Reflexionsschicht) teilweise oder vollständig entfernt werden, ohne daß der Kern dabei beschädigt wird. Im allgemeinen ist nach dieser Behandlung die Oberfläche des Lichtwellenleiters einer Apfelsinhaut ähnlich. Hierdurch wird ein Teil des geführten Lichtes lateral abgestrahlt.

Als besonders vorteilhaft hat sich die Herstellung von Lichtwellenleitern erwiesen, deren optischer Mantel nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt wurde und dessen cladding-Dicke nur 0,2 bis 1,0 µm be-

trägt.

Die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzten Lichtwellenleiter können durch einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Prozeß hergestellt werden. Bei der Herstellung von geeigneten polymeroptischen Fasern werden aus zwei Vorratsbehältern über getrennte Zuflußkanäle Polymere unterschiedlicher Brechungsindizes einer speziellen Zweikomponentendüse zugeführt und dort als Kern/Mantelfaser versponnen. Als Spinneinrichtung wird beim diskontinuierlichen Verfahren ein Kolbenextruder bzw. bei einem kontinuierlichen Prozeß ein Schneckenextruder eingesetzt.

Die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzten Lichtwellenleiter sind auch käuflich erhältlich, beispielsweise als Polymerfaser FK 51 der Firma Hoechst, als Hard Clad Silica (HCS)-Fasern z. B. HCN-M 1000 T-12 der Firma Laser Components oder auch Plastic Clad Silica (PCS)-Fasern z. B. 1000 N der Firma Ceram Optec.

#### Beispiel 1

Eine Polymerfaser FK51 (Faserdurchmesser: 1 mm, Claddingdicke 15 µm, Länge 10 m) der Fa. Hoechst wurde mit dem Sandstrahl eines umgebauten Pulverdosierers Twin-10-C der Fa. Plasmatechnik bearbeitet. Dabei lag die Polymerfaser ringförmig auf einem Rost, so daß überschüssiger Sand in einem Vorratsbehälter unterhalb des Rostes aufgefangen werden konnte. Die Bestrahlungsdüse (Düsenöffnung: 4 mm) wurde in einem Abstand von 30–50 cm oberhalb des Rostes geführt. Dabei wurde ein Durchsatz von 70 g Sand/min sowie ein Luftdruck von 1,2 bar eingestellt. Als Sand wurde Aluminiumoxidpulver mit einer Körnung von 23 µm verwendet. Nach einer Bestrahlungszeit von 30s wurde die Polymerfaser umgedreht und nochmals 30s bestrahlt. Das Ergebnis war eine aktivierte Polymerfaser, die gleichmäßig allseitig lateral Licht auskoppelt, ohne, daß schon im ersten Teil der Faser das Licht vollständig ausgekoppelt wird.

#### Beispiel 2

Es wurde eine Polymerfaser (Durchmesser: 1 mm), mit einem Kern aus Polymethylmethacrylat und einem Fluorpolymere Mantel mit nur einer Claddingdicke von 0,8 µm analog zu dem in EP-A-340 557 (Beispiel 2) beschriebenen Verfahren hergestellt. Zur Oberflächenbehandlung wurde die hergestellte Faser analog zu Beispiel 1 mit Sand bestrahlt. Als Bestrahlungszeit wurde im Gegensatz zu Beispiel 1 aufgrund des geringen Claddings nur 20s gewählt. Die geringe Claddingdicke in Kombination mit der erzeugten Oberflächenrauigkeit führte zu einer gleichmäßig lateralen Abstrahlung.

#### Beispiel 3

Eine Polymerfaser analog zu Beispiel 1 wird auf einem Zylinder z. B. einem Becherglas mit einem Durchmesser von 10 cm aufgewickelt. Insgesamt wurden 20 Windungen aufgebracht und an dem Zylinder mit einem Klebeband befestigt. Anschließend wurde ein Skalpell unter geringen Fingerdruck senkrecht zur Wickelrichtung so geführt, daß der optische Mantel bis auf nahe dem Kern eingeschnitten wurde. Um einen gleichmäßigen Beleuchtungseffekt zu erzielen, wurde im Abstand von 1 cm ein Einschnitt über mehrere Fasern gleichzei-

平

### Beispiel 4

10

## Patentansprüche

- 20

25

30

35

40

45

50

55

60

65